

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

Best Available Copy

**Aktenzeichen:** 102 56 524.4

**Anmeldetag:** 4. Dezember 2002

**Anmelder/Inhaber:** Robert Bosch GmbH, Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Einrichtung zur Messung von Winkelpositionen

**IPC:** G 01 S 13/44

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 9. Oktober 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

Scholz

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

29.11.02 Sk/Pz

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Einrichtung zur Messung von Winkelpositionen

Die Erfindung geht aus von einer Einrichtung zur Messung von Winkelpositionen unter Verwendung von Radarpulsen mit sich gegenseitig überlappenden Strahlcharakteristiken mindestens zweier Antennenelemente.

15

Stand der Technik

Radarsensoren zur Erfassung des nahen Kraftfahrzeugumfeldes (SRR, Short Range Radarsensoren) sind für Funktionen wie Rückfahrlilfe, Einparkhilfe, Parklückenvermessung, Tote-Winkel-Überwachung, langsames Folgefahen oder Precrash-Erkennung vorgesehen.

20

Neben der Information über den Abstand relevanter Objekte (andere Fahrzeuge, Fahrspur- oder Parklückenbegrenzungen, Fußgänger, ...) ist auch die Information über deren Winkelposition relativ zum Fahrzeug wichtig, um die Relevanz erkannter Objekte für die jeweilige Funktion zu beurteilen. Stand der Technik ist es, die Winkelrichtung von Objekten über die sogenannte Trilateration zu errechnen. Hierbei werden die Abstandsinformationen mehrerer benachbarter Sensoren herangezogen, um mittels einfacher trigonometrischer Umrechnungen auch die Winkelablage von Zielen zu bestimmen. Nachteilig an diesem Verfahren ist es, dass immer mehrere Sensoren in gewissem Abstand erforderlich sind, auch um die Position nur eines Ziels zu erfahren. Auch müssen diese Sensoren jeweils ein und dasselbe Ziel erfassen, um keine Fehlschätzungen zu erhalten.

30

35

Aus der WO 00/49423 ist ein Monopuls-Phase-Array-Antennensystem bekannt mit Sende- und Empfangsmodulen, die von einer Strahlschwenksteuereinrichtung gesteuert

werden. Aus den Empfangssignalen von den verschiedenen Antennenelementen werden Summensignale und Winkeldifferenzsignale abgeleitet. Jedes der Sende- und Empfangsmodule ist mit zwei  $180^\circ$ -Phasenschiebern ausgerüstet, um die Winkeldifferenzsignale zu bestimmen. Zur unabhängigen Zielverfolgung in Azimut- und Elevationsrichtung ist es bekannt, ein Summensignal und zwei Differenzsignale auszuwerten.

Aus M. Skolnik, Introduction to radar systems, second edition, Mc. Graw Hill Book Company 1980, Seiten 160 und 161 ist es bekannt, die Winkelinformation eines Zielobjektes durch zwei sich überlappende Antennen-Strahlcharakteristiken zu gewinnen.

#### Vorteile der Erfindung

Mit der Einrichtung gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 ist die Gewinnung von Winkelinformationen aus einem gesamten Radarortungsfeld bei sehr begrenztem zusätzlichem Hardwareaufwand möglich.

In den Unteransprüchen sind vorteilhafte Ausgestaltungen aufgezeigt.

Mit den Maßnahmen der Erfindung muss nicht in jedem Empfangspfad ein eigener Abwärtsmischer und eine eigene NF-Verarbeitung vorgesehen sein. Mit der Erfindung ist es möglich, die Messung von Winkelpositionen bereits in einem Einzelsensor zu realisieren. Das Ortungsfeld kann gegenüber einer Realisierung, die nur zur Abstandsmessung dient, nahezu unverändert sein. Der zusätzliche Hardwareaufwand beschränkt sich auf einfache Phaseschieber mit einfacher Signalauswertung.

Durch die erfindungsgemäße Winkelmessung ist es möglich, die Anzahl der erforderlichen Sensoren für bestimmte Funktionen zu minimieren. Eine Rückfahrlilfe kann mit nur einem winkelmessenden SRR-Sensor ausgestattet werden, wohingegen herkömmliche Systeme drei Sensoren benötigen. Beim langsamen Folgefahren würden mit der erfindungsgemäßen Realisierung nur ein bis zwei Sensoren nötig sein statt drei oder vier Sensoren wie bei herkömmlichen Systemen. Zur Tote-Winkel-Überwachung reicht ein Sensor aus statt der sonst üblichen zwei Sensoren.

#### Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigen  
Figur 1 eine erfindungsgemäße Realisierung mit Dual-Beam-Antenne und schaltbarem  
Phasenschieber,  
Figur 2 den Amplitudenverlauf eines Dual-Beam-Sensors,  
Figur 3 den Phasenverlauf eines Dual-Beam-Sensors,  
Figur 4 eine Dual-Beam-Antenne mit Beschaltung,  
Figur 5a und b Dual-Beam-Antennen mit 180°-Hybrid,  
Figur 6 eine Antennenanordnung mit 2x2 Spalten für Zeitmultiplexbetrieb,  
Figur 7 die Antennenanordnung nach Figur 6 mit 180-Hybrid.

#### Beschreibung von Ausführungsbeispielen

Bei der Erfindung wird für die Winkelmessung die bekannte Radar-Monopuls-Technik eingesetzt, bei der über den Vergleich von Empfangssignalen in unterschiedlichen, gegenseitig überlappenden Strahlkeulen und Kenntnis der Strahlungscharakteristiken selbst eine Information über die Winkelablage ableitbar ist (vergleichbar mit einem sogenannten „best fit matching“ der empfangenen Signale). Dieses Auswerteverfahren ist sehr ähnlich dem, welches auch beim Long Range Radar (LRR, ACC) eingesetzt wird. Beim LRR-Radar werden drei oder vier Empfangskeulen ausgebildet und deren gegenseitige Überlappung zur Winkelschätzung mittels Vergleich der Empfangssignale herangezogen.

Bei der erfindungsgemäßen Einrichtung zur Messung von Winkelpositionen werden zwei unterschiedliche Empfangscharakteristiken mit möglichst breitem Überlappungsbereich erzeugt. Dazu werden gemäß Figur 1 mindestens zwei Antennenelemente 1 und 2 mit jeweils einstellbaren Schwingungsphasen benutzt. Die unterschiedlichen Phasenzustände werden durch ein zwischengeschaltetes HF-Bauelement erzeugt, im Beispiel gemäß Figur 1 ist dieses ein schaltbarer Phasenschieber 3, der in einem der hier dargestellten zwei Antennenpfade zwischengeschaltet ist. Durch Schalten des Phasenschiebers 3 wird die Schwingungsphase von Antennenelement 2 unterschiedlich zu der von Antennenelement 1 eingestellt, wodurch die Richtcharakteristik der Gesamtanordnung maßgeblich zu beeinflussen ist. Die Signale beider Antennenelemente 1 und 2 werden im Empfangspfad nachfolgend additiv zusammengeführt (Summierknoten 8) und einer Mischereinheit 4 (Mischung mit einem Lokaloszillatorsignal, LO) sowie der Weiterverarbeitung (Filterung 5, Analog/Digitalwandlung (ADC) 6, Auswerteinrichtung 7) zugeführt.

Figur 2 zeigt beispielhaft für ein einfaches Modell einer Patchantenne (für andere Antennenelement-Charakteristiken ergeben sich geringfügig andere Strahlcharakteristiken) die Amplitudencharakteristiken der Gesamtanordnung für beide Schaltzustände des Phasenschiebers 3. Die Charakteristik von Beam 1 ergibt sich durch gleichphasige Ansteuerung beider Antennenelemente, das heißt der Phasenschieber 3 ist im Schaltzustand  $0^\circ$  (Beam 1 = Summenbeam oder Gleichtaktbeam). In der Hauptstrahlrichtung bildet sich dadurch – durch konstruktive Überlagerung gleichphasiger Anteile – ein Maximum in der gemeinsamen Strahlungscharakteristik. Beam 2 erhält man durch eine Phasenverschiebung von  $180^\circ$  im Pfad von Antennenelement 2 (oder 1), in Hauptstrahlrichtung löschen sich die Anteile von Antennenelement von 1 und 2 dadurch gerade aus (destruktive Überlagerung), so dass die Richtcharakteristik in diese Richtung eine Nullstelle ausbildet (Beam 2 = Differenzbeam oder Gegentaktbeam). Seitlich ergibt sich eine symmetrische Ausformung zweier, im Idealfall identischer Hauptkeulen. In Figur 3 sind die zugehörigen Phasenverläufe beider Empfangscharakteristiken dargestellt. Während die Phase von Beam 1 aus Symmetriegründen (spiegel) symmetrisch zur Hauptstrahlrichtung ist, ergibt sich für Beam 2 ein punktsymmetrischer Verlauf. Dieses ist entscheidend für die beabsichtigte Winkelbestimmung eines Ziels, da nur durch die Unsymmetrie mindestens eines der beiden Phasenverläufe eine Entscheidung darüber möglich ist, ob sich ein Ziel links oder rechts in Bezug zur Orientierung des Sensors befindet.

Zur Winkelbestimmung selbst wird zwischen beiden Phasenzuständen und damit zwischen beiden Empfangs-Richtcharakteristiken hin- und hergeschaltet (Betrieb im Zeitmultiplex). Dieses Schalten erfolgt so schnell, dass der Einfluss von Amplituden- und Phasenänderungen der einfallenden Wellenfront eines Ziels in Folge von Relativbewegungen des Ziels (Zielfluktuationen) oder des Senders in Bezug zur Empfangsantenne vernachlässigbar oder durch entsprechende Korrekturmaßnahmen noch kompensierbar ist. Nur dann ist eine hinreichend genaue Aussage darüber möglich, welcher Anteil an einer relativen Amplituden- und Phasenänderung beider Richtcharakteristiken im Empfangskanal eindeutig der Winkelablage des Ziels zuzuordnen ist und nicht etwa anderer, oben genannter Effekte. Die Schaltperiode sollte andererseits auch nicht zu gering sein, da ansonsten der sehr kostengünstige Ansatz des direkten Mischens des HF-Trägersignals in das NF-Basisband (sogenannter homodyner Ansatz, Basisbandfrequenzanteile im kHz-Bereich) entsprechend modifiziert werden müsste. Zur Gewinnung der optimalen Schaltfrequenz zwischen den Antennencharakteristiken müssen die Relativbewegungen von Zielen bzw. Sensorträger

(Ego-Fahrzeug) vernachlässigbar sein oder in der Auswertung (Zielwinkelschätzung) kompensierbar sein (bestimmend für die obere Grenze der Schaltperiode, aber andererseits ein homodyner Ansatz (bestimmend für die untere Grenze der Schaltperiode) verwendbar sein. Bei HF-Trägerfrequenzen im GHz-Bereich sind Schaltperioden im Bereich von wenigen  $\mu\text{s}$  z.B. 5 bis 50  $\mu\text{s}$  vorteilhaft.

Sind diese zeitlichen Effekte (Zielfluktuationen, Relativbewegungen) minimal oder entsprechend kompensiert bzw. durch Korrekturgrößen berücksichtigt, so ergibt sich der Winkel des Ziels durch Vergleich der relativen Amplituden- und Phasenänderung im Empfangspfad in beiden Schaltzuständen mit den beiden komplexwertigen Richtcharakteristiken der Antennenanordnung (Summen- und Differenzbeam). Damit über dem gesamten Winkelbereich keine Mehrdeutigkeiten in Bezug auf den Vergleich der Empfangssignale mit den Richtcharakteristiken auftreten, sollten weitere Keulen (Nebenkeulen) in Beam 1 und 2 vermieden werden. Dies ist möglich, wenn z.B. der Abstand  $d$  beider Antennenelemente – siehe Figur 1 – im Bereich der halben Wellenlänge ist, z.B. bei 24 GHz ca. 6,5 mm.

Figur 4 zeigt eine Ausführungsform, wobei die beiden Antennenelemente 1 und 2 hier beispielhaft durch jeweils vier Einzelstrahler gebildet werden. Diese haben die Aufgabe, bei senkrechter Anordnung zur Fahrbahnfläche nach Verbauung beim Fahrzeug, die Energie in vertikaler Richtung zu bündeln (Elevationsbündelung), um hierüber eine entsprechende Reichweite zu erlangen aber auch um nicht zu starke Reflexionen von der Fahrbahn selbst zu erhalten. In der Horizontalebene (Azimut) ergibt sich je Spalte nur eine geringe Bündelung, so dass die Richtdiagramme im Azimut ähnlich denen in Figur 2 sehr breit sind, um einen möglichst großen horizontalen Erfassungsbereich und speziell hier auch eine möglichst breite Überlappung beider Richtdiagramme zu haben.

Die skizzierten Durchführungen 9 in Figur 4 haben die Aufgabe, die HF-Komponenten, die eine Bauteilebestückung erfordern, wie z.B. der  $180^\circ$  Phasenschieber 3, in der Ebene bzw. auf dem Layer zu konzentrieren, wo noch weitere Bestückungen erforderlich sind (Mischer 4, etc.), damit eine doppelseitige Bestückung vermieden wird. Das Filter 5 ist in dieser Ausführung ein Tiefpassfilter TP, sofern dem Radarsensor-Prinzip ein homodyner Ansatz zugrunde liegt, das heißt mit einem Oszillator sowohl gesendet, hier nicht dargestellt, als auch das empfangene Signal direkt ins Basisband gemischt wird (direct conversion). Andere Ausführungsformen sind ebenfalls möglich, z.B. heterodyner Ansatz

mit Mischung in eine Zwischenfrequenzebene über weiteren Oszillator, Filterausführung dann als Bandpass.

Figur 5a zeigt noch eine weitere Möglichkeit, wie die Winkelbestimmung nach oben beschriebener Art möglich ist. Als phasenstellendes Element wird hier ein sogenanntes 180°-Hybrid 10, in der Literatur Ratrace genannt, verwendet. Dieses hat die Eigenschaft, ein an einem Tor einfallendes Signal gleichmäßig an die hier gegenüberliegenden Tore aufzuteilen und mit einem relativen Phasenunterschied von 180°, während das vierte Tor isoliert ist. Aufgrund von Reziprozität und Linearität dieses Bauteils ist es genauso möglich, zwei Signale auf zwei Eingangstore zu geben und an den beiden (hier) gegenüberliegenden Toren jeweils das Summen- und das Differenzsignal abzugreifen, hier also Summenbeam und Differenzbeam. Vorteilhaft an diesem Ansatz ist, dass beide Beams zeitgleich vorliegen, so dass der negative Einfluss von Zielfluktuations oder Relativbewegungen hier nicht auftritt. Nachteilig ist, dass beide Tore zur Weiterverarbeitung jeweils einen eigenen Mischer, Filter und AD-Wandler erfordern (Hardwareaufwand).

Alternativ können die beiden Tore des Ratrace auch über einen geeigneten Umschalter 11 einem Mischer im Zeitmultiplex zugeführt werden (Figur 5b).

Figur 6 und 7 zeigen noch Ausführungen mit jeweils zwei Spalten je Antennenelement. Durch Ausführung mit mehr als einer Antennenspalte pro Antennenelement ist es möglich, in horizontaler Ebene eine Bündelung der Empfangsenergie zu erhalten. Dadurch ist ein größerer Antennengewinn und damit eine größere Radarreichweite erreichbar, während der Überlappungsbereich von Summen- und Differenzbeam dadurch eingeengt wird. Dieses kann für Funktionen wie z.B. eine Rückfahrlilfe vorteilhaft sein. Ebenfalls kann diese Ausführung vorteilhaft sein für bestimmte Funktionen, bei denen eine gewisse Unterdrückung von Signalen (Störern) im Seitenbereich gerade gewünscht ist, z.B. von Leitplanken oder sonstiger Bebauung am Fahrbahnrand. Dieses wird durch die starke Bündelung mehrspaltiger Antennenelemente direkt unterstützt.

Der Phasenschieber 3 kann vorteilhaft als PIN-Dioden-Phasenschieber ausgebildet sein.

Ein Radarsensor nach der Erfindung kann in einer Hochintegrationsausgestaltung den Phasenschieber oder gegebenenfalls den Umschalter, die Signalzusammenführung (T-Verzweigung, Wilkinson-Teiler, o.ä.), den Mischer und gegebenenfalls zusätzliche

rauscharme Vorverstärker (LNAs) in einem MMIC (monolithic microwave integrated circuit) enthalten.

5

Als Phasenschieber 3 kann auch ein RF MEMS 180° Phasenschieber (RF: Radio Frequency, MEMS: Microelectromechanical System) verwendet werden.

10

Die Antennenelemente können in unterschiedlicher Ausführung vorgesehen sein: Einzelstrahler, Spalten, mehrere Spalten gemeinsam je Antennenelement, sogenannte Patchstrahler, etc.

Als Umschalter 11 können PIN-Dioden-Schalter oder MEMS-Schalter verwendet werden.



29.11.02 Sk/Pz

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Patentansprüche

1. Einrichtung zur Messung von Winkelpositionen unter Verwendung von Radarpulsen und sich gegenseitig überlappenden Antennen-Strahlcharakteristiken mindestens zweier Antennenelemente mit folgenden Merkmalen:
  - im Signalweg mindestens eines Antennenelements (2) ist ein schaltbarer Phasenschieber (3) vorgesehen, der im Zeitmultiplex zwischen unterschiedlichen Phasenzuständen schaltbar ist und damit die Strahlungscharakteristik des betroffenen Antennenelements ändert,
  - es ist eine Auswertung (7) vorgesehen zur gemeinsamen Auswertung von Empfangssignalen mindestens zweier Antennenelemente (1, 2) unter Beteiligung des mindestens einen Antennenelement (2), in dessen Signalweg ein schaltbarer Phasenschieber (3) vorgesehen ist.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung ausgestaltet ist den Winkel eines Ziels durch Vergleich der relativen Amplituden- und Phasenänderungen von Radarpulsen im Empfangspfad in beiden Schaltzuständen des mindestens einen schaltbaren Phasenschiebers (3) zu gewinnen.
3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der schaltbare Phasenschieber (3) eingerichtet ist die Phasenzustände  $0^\circ$  und  $180^\circ$  einzunehmen.
4. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei Antennenelemente (1, 2) über ein  $180^\circ$ -Hybrid (10) als phasenstellendes Element verbunden sind zur insbesondere zeitgleichen Auswertung von Summen- und Differenzbeam mindestens zweier Antennenelemente.

5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei Antennenelemente (1, 2) über ein 180°-Hybrid (10) als phasenstellendes Element verbunden sind und dass ein Umschalter (11) am Ausgang des 180°-Hybrids vorgesehen ist zur Auswertung von Summen- und Differenzbeam mindestens zweier Antennenelemente über einen Mischer im Zeitmultiplex.  
5
6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Umschaltzeit des mindestens einen Phasenschiebers (3) und damit die Umschaltzeit zwischen zwei Strahlcharakteristiken so einstellbar ist, dass die Relativbewegungen von Zielen bzw. der Antennenelemententräger vernachlässigbar oder in der Auswertung kompensierbar sind.  
10
7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Umschaltzeit des mindestens einen Phasenschiebers (3) und damit die Umschaltzeit zwischen zwei Strahlungscharakteristiken mindestens so einstellbar ist, dass das Homodyn-Prinzip (Direktmischung in das NF-Basisband) anwendbar ist.  
15
8. Einrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass bei Betrieb im GHz-Bereich die Umschaltzeit im Bereich zwischen 5 und 50 µs einstellbar ist.  
20
9. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass zur Elevations- und/oder Azimutbündelung mehr als zwei Antennenelemente insbesondere in Zeilen- und Spaltenanordnung vorgesehen sind, wobei vorzugsweise jeweils mindestens zwei Gruppen von Antennenelementen gemeinsam und gleichzeitig auswertbar sind und wobei im Signalweg mindestens einer Gruppe ein umschaltbarer Phasenschieber (3) angeordnet ist.
10. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Phasenschieber (3) als PIN-Dioden-Phasenschieber oder MEMS-Phasenschieber ausgebildet ist.  
30
11. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass HF-Komponenten, die eine Bauteilbestückung erfordern, auf nur einer Seite einer Leiterplatte aufgebracht sind, insbesondere auf der den Antennenelementen (1, 2) abgewandten Seite.  
35

29.11.02 Sk/Pz

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Einrichtung zur Messung von Winkelpositionen

Zusammenfassung

15

Bei einer Einrichtung zur Messung von Winkelpositionen unter Verwendung von Radarpulsen und sich überlappenden Strahlcharakteristiken mindestens zweier Antennenelemente (1, 2) ist im Signalweg mindestens eines Antennenelements ein schaltbarer Phasenschieber (3) vorgesehen, der im Zeitmultiplex zwischen unterschiedlichen Phasenzuständen schaltbar ist.

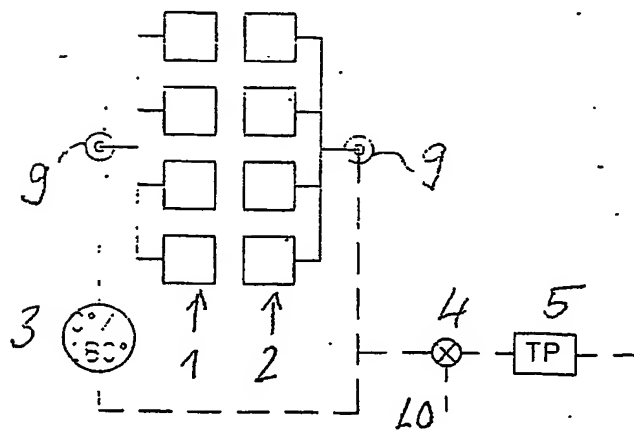
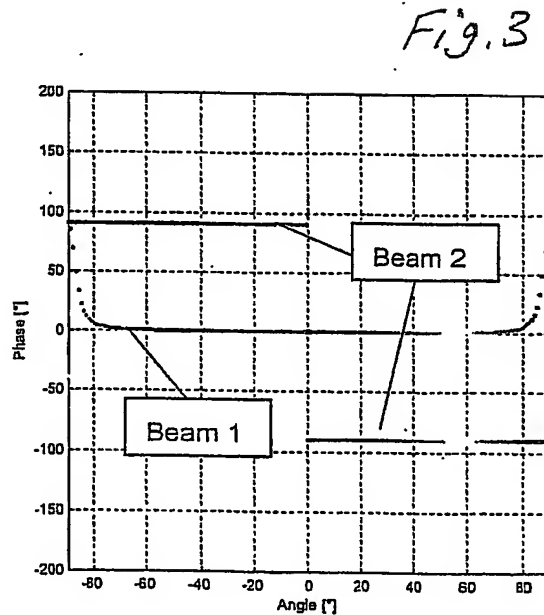
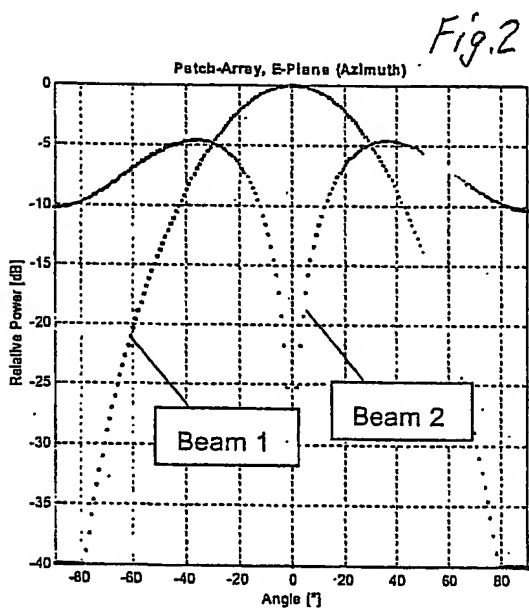
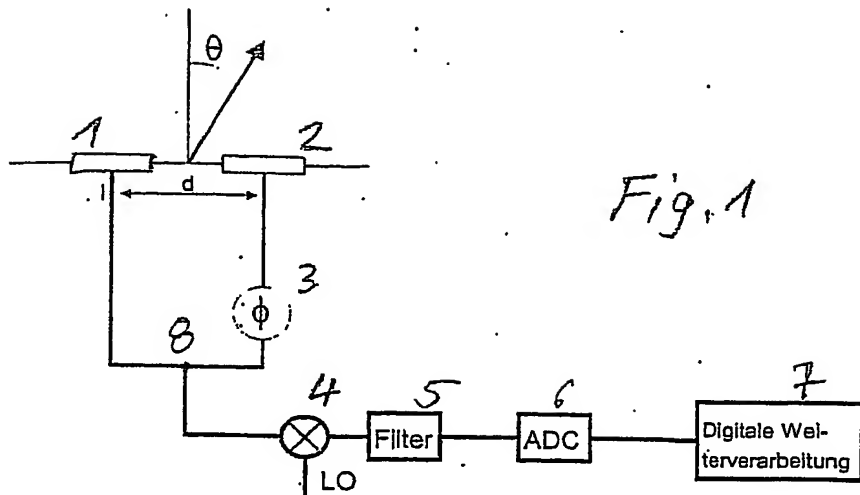
20

Für die Radarempfangssignale ist eine Auswerteeinrichtung (7) vorgesehen zur gemeinsamen und insbesondere gleichzeitigen Auswertung von Signalen zweier Antennenelemente (1, 2) unter Beteiligung des Antennenelements (2), in dessen Signalweg der schaltbare Phasenschieber (3) vorgesehen ist

(Figur 1)

A/2

R. 304618



2/2

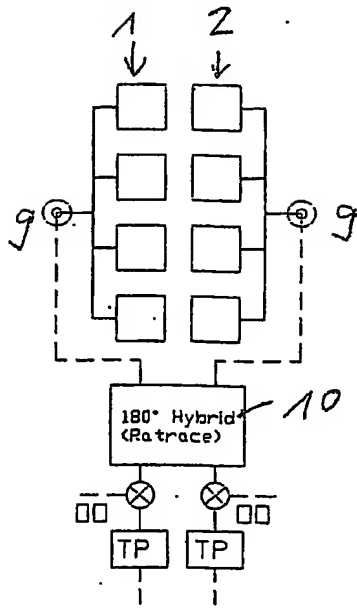


Fig. 5a

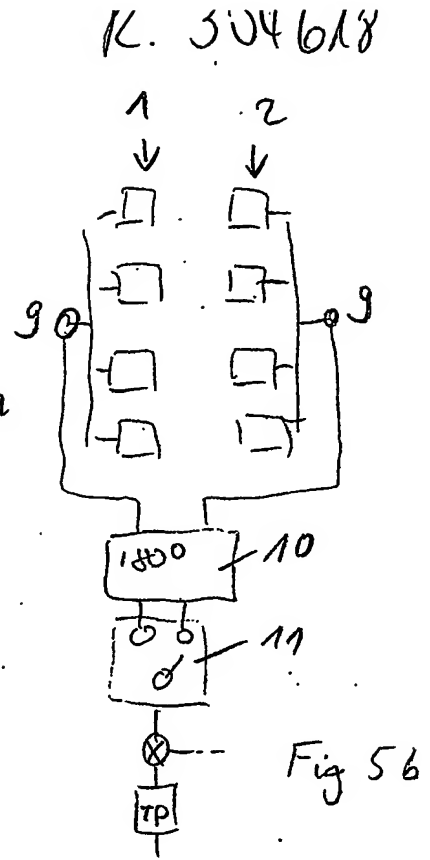


Fig 5b

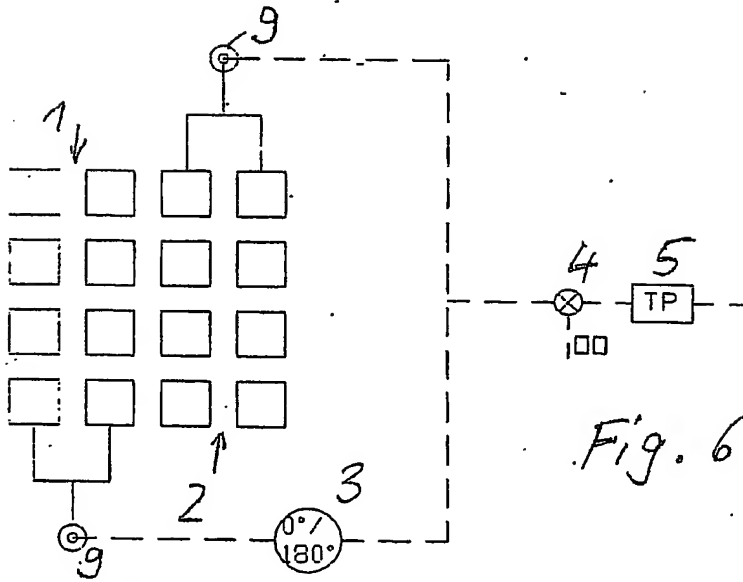


Fig. 6

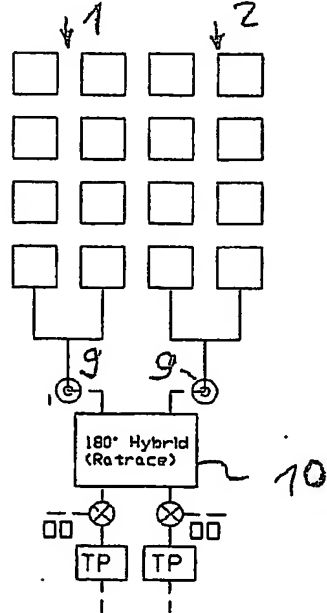


Fig. 7

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**